图书情报工作
第63卷 第8期 2019年4月

数据新闻中信息图表的阅读效果:来自眼动的证据*

■ 方浩[1,2] 尚媛媛[1] 张锐[3] 庞惠珊[4] 袁医灵[1]

[1] 中国地质大学艺术与传媒学院 武汉 430074 [2] 东南大学艺术学院 南京 210096

[3] 北京电影学院管理学院 北京 100088 [4] 闽南师范大学教育科学学院 漳州 363000

摘要:[**目的/意义**]以数据新闻为阅读情境、信息图表为实验材料,使用眼动与行为实验和质性访谈方法研究读者对信息图表的阅读效果,探究读者的认知和视觉反应,为数据新闻的设计策略优化提供参考。[**方法/过程**]采用两个阶段的单因素设计实验。阶段一为眼动实验,考察被试对不同类型数据新闻信息图表的平均注视次数、注视点持续时间和主观满意度。阶段二为信息图表阅读效果的行为实验,探讨信息图表中不同数据展示形式对阅读效果的影响,因变量为被试的反应时和正确率。[**结果/结论**]数据新闻的阅读呈现"Z"型视觉轨迹;导语段是浏览的重点区域;分栏标题获得高关注度。研究还证实,柱状图更易于吸引读者的视觉注意,创造整体性印象,让读者更主动地进入信息加工过程;折线图吸引视觉注意的能力稍弱,但细节突出,读者的记忆效果最好;而饼图的认知加工消耗的认知资源最多,应当谨慎使用。

关键词:信息图表 可视化 阅读效果 眼动追踪 行为实验

分类号:G206

DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2019.08.010

大数据时代,信息可视化是指利用视觉语言将繁杂的信息转化为图示,帮助大众快速识读各类数据。在新闻传播领域,数据新闻是信息可视化的主要应用形式,其凭借图形、图解的传播优势获得各种媒体的广泛青睐。《卫报》《纽约时报》、网易、财新网的数据新闻专栏的内容中静态的图表和信息图仍是数据新闻可视化的主要表现形式[1]。数据新闻的设计者常通过观察、访谈、问卷等方式描述大众的视觉思维,进而一般基于经验或调查方法以描述宏观及中观层面的数据新闻阅读效果。这些方法都侧重于了解"显意识层面",而微观层面读者的认知和视觉客观反应尚属于研究不容易触及的"黑箱",是目前数据新闻阅读效果研究的盲点。心理学研究曾证明"通过语言等显意识行为表现出的心理内容只是人类心理的极少部分内容,而无意识或潜意识的活动占到了人类意识活动的90%以上"[2],正是这些无意识或潜意识悄无声息地左右着读者的认知、态度和行为,直接影响着数据新闻的阅读效果。

20世纪60年代起研究者开始借鉴心理学、生理学等认知科学的理论和测量方式,以实验的方法量化读者在阅读过程中的相关反应,特别是1994年安妮·朗(A. Lang)所写的《媒介心理反应测量》一书,提供了"解释具体的心理测量如何用于评估媒介讯息的心理加工"框架,宣告着媒介心理学领域与行为主义的传统相分离,拓展了媒介心理生理学的研究领域。由此开始了新闻传播领域利用认知科学方法开展的研究,包括读者浏览报纸或网页时的眼动行为、注视偏好、对不同视觉空间的注意程度,不同信息载体中文本阅读的对比研究,读者对广告的认知分析等多个方面。但是,认知科学研究方法在数据新闻领域尚未得到有效拓展,因此本研究拟从认知测量的实证角度来考察数据新闻中信息图表的阅读效果。

为了更切合真实的阅读情境以测量阅读数据新闻时读者对信息图表的注意程度和认知效果,本研究首

* 本文系2016年度教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目"中华艺术精神在当代艺术实践中的传承发展研究"(项目编号:16JZD030)和2015年度江苏省社会科学基金艺术学一般项目"互联网时代江苏影视产业大数据应用影响力研究"(项目编号:15YSB001)研究成果之一。

作者简介:方浩(ORCID:0000-0001-5931-7692),副教授,博士,东南大学艺术学院博士后;尚媛媛(ORCID:0000-0002-8127-2969),副教授,博士,通讯作者,E-mail:shangyy@cug.edu.cn;张锐(ORCID:0000-0001-5847-9972),副教授,博士;庞惠珊(ORCID:0000-0003-1295-6459),硕士研究生;袁医灵(ORCID:0000-0001-7690-8806),硕士。

收稿日期:2018-09-06 修回日期:2018-10-21 本文起止页码:74-86 本文责任编辑:刘远颖

先对新华网数据新闻频道进行随机样本抽样,运用内容分析法得到数据新闻中常见的信息图表类型确定自变量,以此为基础设计实验材料;然后通过眼动追踪技术和行为实验考察受控条件下读者阅读数据新闻的平均注视次数、持续注视时间、眼动轨迹和主观满意度等指标,分析读者的注意程度;通过行为实验中的反应时和正确率测量认知效果并进行测后质性访谈,进一步对比分析不同形式信息图表的阅读效果,为数据新闻信息图表的设计策略优化提供参考。

1 文献回顾

1.1 新闻传播中的信息图表

1988 年起便有研究者及新闻从业者对新闻文本中的数据展示问题进行了探讨,关注的焦点是如何生动形象地展示数据,提高阅读效果。归结起来,这类研究的对象是"新闻中的数据",属于"精确新闻学(precision journalism)"的研究领域。彼时的研究提倡使用文学修辞的手法,采用对比、比喻使数字更接近常识,更容易被读者理解。2010 年张淑芳在《财经新闻数据处理技巧探微》中提到了数据图表化,即用形象直观的图表来说明数据,可以吸引更多层次的读者,使读者更容易理解记忆并认识到数量之间的关系和趋势[3]。文章分析了折线、柱状图以及饼图在新闻文本中的作用,这是较早论述新闻可视化的研究论文。

对数据新闻可视化的研究伴随着"大数据"的发展日趋增多。当前国内研究者对"数据新闻"的探讨主要关注大数据对新闻从业者提出的能力要求、对新闻生产流程、采编模式的变革与挑战,注重数据新闻的选题、构思、叙事、可视化的表现方式,常就传播内容、行文布局展开思考。对数据新闻阅读效果,特别是信息图表的评价以定性的理论分析居多,缺乏实证和量化的研究支持。同期国外数据新闻的研究议题也主要集中在数据新闻生产流程、报道内容、数据素养和伦理道德等 4 个方面,对用户阅读体验、传播载体呈现差异和阅读效果等议题的关注较少[4]。

"信息图表(infographic)是将数值型和文本型的信息形象化、可视化的一种方式。信息图表的作用主要表现为呈现数据、提示要点、图解过程、梳理进程、揭示关系、展现情状、整合内容、表达意见、分析解读等"[5]。数据新闻中的信息图表主要包括两个方面:一是数量的可视化,例如对抽象数据集和高维数据的收集、过滤、整理、分析制成图表或图示,将数据和数量关系清晰地展现给读者;二是文本的可视化,例如新闻报道中通过图形或图示凝练文本信息,让用户迅速捕捉报道的重点内容。目前我国的数据新闻设计倾向于静态图表,大量数据新闻仍然维持在"一张图读懂……"的程度[6]。这虽是当前数据新闻生产的不足,但也反映出新闻生产者对信息图表的依赖。

1.2 信息图表的视觉语言与设计研究

信息可视化早期的理论基础主要源于法国制图工作者巴顿(J. Bertin)于 1967 年提出的图形理论[7]。美国耶鲁大学统计学教授塔夫特(E. Tufte)先后于 1983 年、1990 年和 1997 年出版了 3 本关于信息可视化的代表性著作,奠定了信息图表设计研究的基础。信息图表的设计关键是完成对视觉语言的拆解和重构:科斯特尼克(C. Rostelnick)和罗伯茨(D. D. Roberts)将设计文案中可能涉及的视觉词汇分为 4 个层次、3 种编码方式:由微观至宏观分别呈现出"内在、中间、外在、整体"4 个层次,每个层次都包含了文本、空间、图形 3 种编码模式,由此形成了一个 12 单元的矩阵,这个视觉语言矩阵为研究提供了描述特定文案视觉语言的框架结构。

数据新闻中的视觉词汇主要集中于"外在层次设计"(见表 1),包括图片、数据展示(如条形图、折线图、扇形图)、图表、符号和数据说明。这些元素作为独立的实体,有属于自己的视觉词汇和习惯形式[8],本研究的自变量正是源于这一层次的视觉词汇。

表 1 外在视觉语言矩阵

文本	空间	图形
标注,插图的编号,图片或数据展示的说明;数据展示中的 x 轴和 y 轴的数字标注;数据展示的图例	数据展示:图形结构的尺寸(x 轴和 y 轴),排列方向(垂直的还是水平的);条形与条形,线条与线条的空间;图片:尺寸,视角,透视效果	图片或数据展示中的线条粗细、阴影(图表中的条形或直线,格线,记号);图片细节——素描还是照片;图片或数据展示中色彩的运用

国内早期对信息图表的研究多来自于教育学或信息科学领域。2005 年开始新闻传播学领域开始关注美国报纸信息图表的可视化[9],2009 年主流学术期刊以 1999 – 2008 年神舟飞船报道为例探讨我国报纸中的信息图表应用[10], 2013 年新闻传播学领域关于信息图表的研究陡增:《新闻界》在 2013 年连续发表 12 篇关于信息图表的论文,阐述了信息图表在政治新闻、科技新闻、灾难报道、经济新闻、文化专题、健康传播中的应用;分析了信息图表的三种图表模式并探讨了信息图表的生产方式,如数据"众包"[11]、互动设计以及社区[12]、与社会化媒体的关系[13]等,这一系列的论文

较为全面地概括了新闻传播领域信息图表的应用范式。

以设计视角解析数据新闻信息图表的视觉语言研究方面,张君认为应当综合符号、色彩、图像以及意蕴这4个方面的表现,实现新闻信息图表设计的艺术性[14]。黄隽提出在收集整合数据的基础上,从情境构建和图形创意两方面对新闻数据进行更好的呈现与解读[15]。黄雅堃从视觉思维出发,指出信息图表作为一种独立存在的视觉传达形式进行意义陈述,应当提升文本易受性,增进读者认知率[16]。新华社高微认为信息图表的版式设计可以结合主题,运用对称均衡、圆形构图、垂直构图3种常见的版式进行叙事[17]。

1.3 眼动技术在阅读效果方面的应用研究

国外关于阅读的眼动研究可以追溯到19世纪末到20世纪初。在早期眼动研究阶段,心理学研究者注意到读者在阅读过程中的一些基本眼动特征。20世纪50年代中期西方认知心理学派兴起,认为认知过程就是人脑接受、编码、操作、提取和利用知识的过程。P. A. Carpenter和M. A. Just[18]、J. K. O'Regan[19]、G. W. McConkie和K. Rayner[20]等人将眼动分析法引入了心理学研究,关注眼动过程与认知机制的关联。目前眼动研究主要应用在视觉信息加工心理机制、动机与态度、发展心理学、教育心理学、消费心理学研究等领域。

国内较早进行眼动研究的学者沈有乾在1927年曾针对中文阅读进行了眼动实验[21],通过阅读行为眼动研究知识图谱分析发现,阅读行为的眼动研究主要涵盖阅读基本问题、实验内容、实验对象、技术模型4个知识群,研究前沿涉及患者或受测者对照、阅读方式与实验材料、词的加工和认知过程、信息处理与行为认知[22]。关于阅读的眼动研究常用的实验范式有:移动窗口范式、移动掩蔽范式、边界范式、快速启动范式、消失文本范式和视觉—情境范式[23]。研究者通常考察平均注视时间、注视次数和平均眼跳距离等指标以反映阅读过程中的整体加工情况;考察单一注视时间、首次注视时间和凝视时间等指标反映某一特定区域(如目标字、词)的即时加工情况;通过对眼动的时空特征的观察描述读者的视觉信息提取过程。

近些年,认知神经科学的研究方法逐渐被新闻传播领域所采用。通过眼动、脑电以及皮肤电等生理测量方式,能够聚焦于读者解码的瞬时反映,"帮助研究者从复杂的传播过程中逐层抽离出简单变量之间相对固定的关联,以重新解读传播现象的各个环节"[24]。尤其是眼动研究,通过记录眼动轨迹特征以反映读者的视觉运动规律,从而揭示读者的心理活动和对视觉元素的刺激反应[25],在帮助研究者洞悉消费者信息采集行为的传播效果方面率先得到应用。

20世纪80年代末期,美国波伊特研究所联合美国著名视觉设计专家加西亚((M. Garcia)和亚当(P. S. Adam)以及位于普林斯顿的"盖洛普应用科学"(Gallup Applied Science of Princeton)等机构针对报纸读者的阅读行为展开了相关研究。这是报业第一次运用眼动仪来进行消费者行为研究,也是新闻传播领域进眼动研究的最早范例。这项研究指出,彩色图片并不一定能自动吸引读者的注意力;内容、尺寸和位置在吸引注意力方面更为重要。2003年底波伊特研究所联合埃斯特劳新闻与新媒体研究中心(Estlow Center for Journalism & New Media)以及Eyetools公司共同进行了"眼动3"(Eye-track III)的研究,实验发现醒目的标题往往在页面中更容易吸引网民视线,小字号更能带来读者的专注阅读,短段落吸引的注意力是长段落的两倍。美国报刊设计协会利用眼动仪调查,发现最受欢迎的不是文字而是视觉元素,报刊上各种元素依照读者阅读兴趣高低排列依次是:美术设计、照片、标题、广告、导读、图片说明、文字。

2007年中国人民大学传播心理实验室在国内首次运用眼动仪进行了中文报纸版面阅读的实验研究。研究发现左上区块成为大多数人版面阅读的"视觉第一落点",而底部偏右区块是很多人阅读时的"视觉盲区"。大多数人阅读报纸时呈现从上至下、从左至右的规律性,对大标题文字的关注度高于大图片。这些视线流动的总体规律为报纸版面设计提供了直观而重要的参考。

综合目前新闻阅读效果的眼动研究,主要是针对文字材料展开:探讨阅读文字材料中的视觉范围、阅读知觉广度、注视次序以及注意力的竞争模型等。对于图画、图解、图表、插图等其他阅读材料的考察也多论析的是图像对文字阅读的辅助作用,例如以注视时间和正确率为考察指标,讨论图—词干扰范式中干扰刺激的频率效应。2018年4月中国人民大学许向东针对数据可视化传播效果进行了眼动测试和问卷调查,以一则数据新闻为例考察读者在阅读文字作品与可视化作品时的认知差异[26],推动了眼动实验在数据新闻研究领域的进展。这项实验侧重从数据新闻的整体效果层面检验数据新闻的传播优势。而以数据新闻作为阅读情境,以信息图表为阅读材料,探讨读者注意程度和

眼动规律的研究较为缺乏，对其阅读效果的实证研究更有待扩展。

2 研究方法

2.1 被试

2016 年 4 月项目组从中国地质大学（武汉）征集 60 名大学生作为被试人员，其中男女各 30 人，年龄在 18－28 岁之间，来自不同专业，并且从未参加过类似实验。右利手，裸眼视力或矫正视力均为 1.0 以上，无色盲色弱疾病。被试均为自愿参加实验，在实验结束后，对每个被试发放一定报酬。

2.2 作为自变量的信息图表

考虑到数据新闻可能的季节性变化，抽取时间段为整年，选取 2013 年 1 月－2015 年 12 月的新华网时政数据，每月抽取前 7 篇，共计应获得 252 篇，因存在轮空现象，实际共抽取 170 篇时政数据新闻（其中文本型数据新闻 100 条，共 565 栏图片；数值型数据新闻 70 条，共 190 栏图片）。按可视化对象的类型将数据新闻中的信息图表分为两类：以图式结构展示文本内容的，称为文本型数据新闻，根据文本之间逻辑关系对信息图表进行分类；以图式结构展示数量关系的，称为数值型数据新闻，根据数量之间逻辑关系对信息图表进行分类，制作编码类目表，如表 2 所示：

表 2 文本型与数值型数据新闻的编码类目表

类型	编码类目
文本型	(1)并列关系 (2)总分关系 (3)流程图 (4)层级关系 (5)递进循环 (6)概念图示 (7)对比冲突 (8)地图 (9)时间轴 (10)扩散聚合
数值型	(1)定比关系 (2) 定距关系

内容分析结果显示，文本型信息图表中并列关系最多，占 60.18%，总分关系其次，占 11.33%，概念图示虽然占 10.62%，由于存在很多不明确干扰因素，本研究未予考虑，其余类型占比较分散。进一步分析并列关系与总分关系的数据展示类型，可以归纳出风铃式、便签式、文本式 3 种常见的并列关系图示（见图 1）以及摇铃式、孔雀式、乌龟式 3 种总分关系图示（见图 2）。

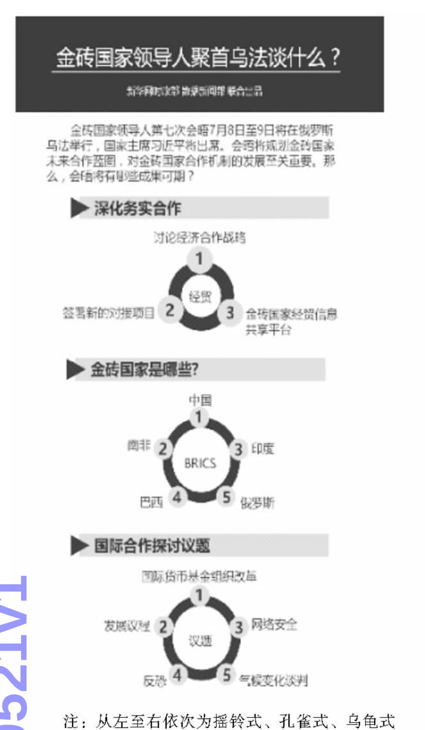


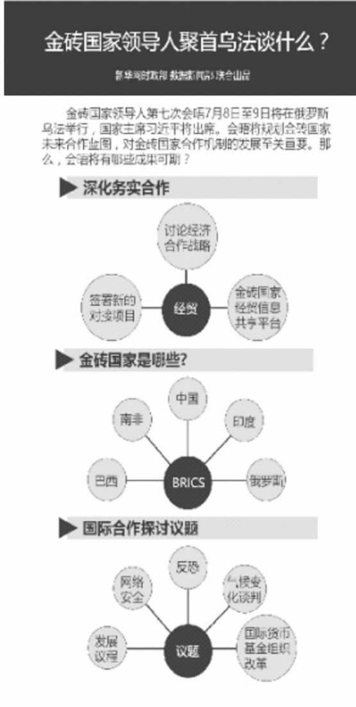
注：从左至右依次为风铃式、便签式、文本式

图 1 并列关系图示

数值型信息图表的数量关系一般只包含定比关系和定距关系，定比关系是指由计量尺度形成的可以进行加减乘除运算的连续性数值关系，如百分比；定距关系是具有固定的大小和顺序且对事物类别次序间隔进行度量的数值关系，只能加减不能进行乘除运算，如人数、次数等。定比和定距关系的数据展示类型一致，均能图示为柱状图、折线图、饼图、环图、雷达图、玉玦图、地图等类型。对其进行内容分析显示，柱状图占比最大，达 43.2%，其次为饼图，占 16.21%，折线图占 13.7%（见图 3、图 4）。

综上，本研究根据内容分析结果，选取文本型数据新闻中占比最大的并列关系、总分关系与数值型数据





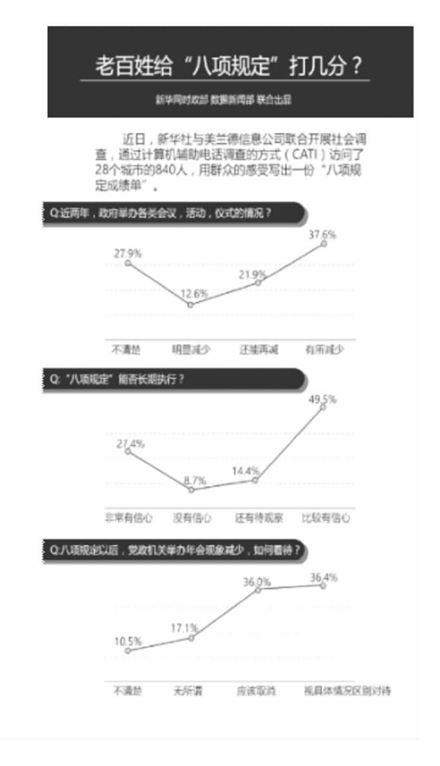


注：从左至右依次为摇铃式、孔雀式、乌龟式

图 2　总分关系图示







注：从左至右依次为柱状图、饼图、折线图

图 3　定比关系图示

新闻中定比关系、定距关系 4 类图表作为信息图表的大类研究对象，每个大类下又分为 3 小类，最终确定 4 大类 12 小类图表类型作为研究自变量的水平。

2.3　实验设计

本研究自变量为数据新闻中信息图表的展现形式，水平为 4 大类 12 小类图表类型；因变量为被试完成数据新闻浏览任务时的眼动指标：平均注视次数(average fixation count)、注视点持续时间(total fixation duration)、热点图与主观满意度评分以及阅读行为的被试反应时和正确率。

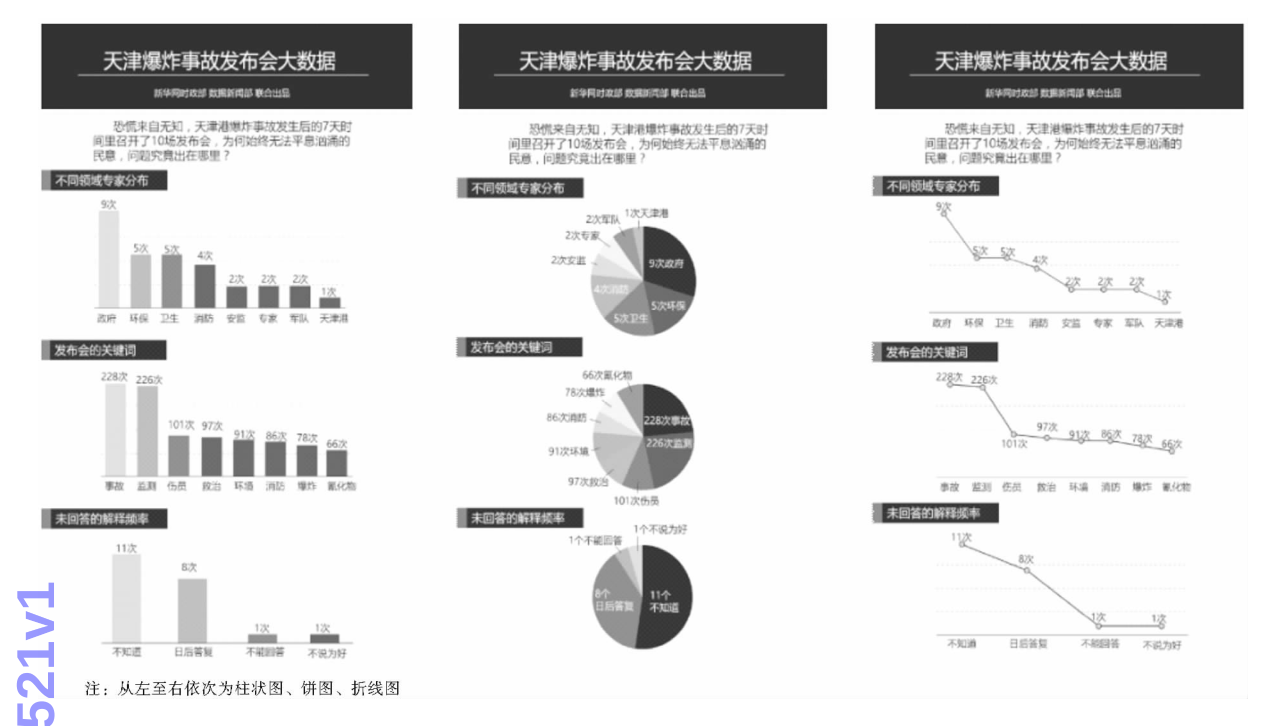


图4　定距关系图示

眼动数据可作为被试对数据新闻的内隐满意度，主观满意度则作为外显态度。注视次数是区域重要程度的一个标志。显示区域越重要，被注视的次数越多。注视持续时间反映的是提取信息的难易程度。持续时间越长往往意味着被测试人员从显示区域获取信息越困难[27]。眼动轨迹图是将眼球运动信息叠加在视景(visual scene)图像上形成注视点及其移动的路线图，它能最具体、直观和全面地反映眼动的时空特征[28]。

实验包含两个阶段。阶段一为读者浏览数据新闻的眼动实验，目的是考察被试对不同类型数据新闻信息图表的平均注视次数(average fixation count)、注视点持续时间(total fixation duration)和主观满意度。以往文献较少表明性别和年龄因素对信息图表阅读效果有显著影响，故本文以并列关系、总分关系、定比关系和定距关系类数据新闻的不同展现方式作为自变量，单因素实验设计，因变量为眼动指标和主观满意度评分。阶段二为信息图表阅读效果的行为实验，采用单因素实验设计，探讨信息图表中不同数据展示形式对阅读效果的影响，因变量为被试的反应时和正确率。

2.4　实验材料

本研究实验材料为以时政新闻为主题，自行设计的数据新闻视觉材料。以并列关系(风铃式、便签式、文本式)、总分关系(摇铃式、孔雀式、乌龟式)、定比关系(柱状图、折线图、饼图)和定距关系(柱状图、折线图、饼图)共12类信息图表展现形式为基础，用图采用Window蓝进行色彩搭配，统一标题位置和分栏的结构(见图1－图4)。为了避免实验材料熟悉程度的影响，由被试采用李克特五级量表进行熟悉度等级评分，筛选实验时政数据新闻信息，将得分最低的数据新闻作为实验材料。从并列关系类、总分关系类、定比关系和定距关系类时政数据新闻材料中各抽取3个主题，制作出4种类型共36个实验材料(见表3)，针对每个实验材料设计实验题目测量记忆效果，共36题。

2.5　实验设备与流程

本研究实验设备采用联想笔记本电脑连接Tobi-iX2－60眼动仪与E-prime软件。实验过程中，尽量保持安静舒适的环境，让被试端坐于计算机正前方，眼睛正对屏幕中心，实验过程中尽量保持头部不动。允许头动范围在三维空间内扩大50cmW × 36cmH × 70cmD，眼睛与屏幕的距离约为60cm－70cm。注视角度27度，操作距离45cm－90cm。实验员通过对眼睛位置调整眼动仪，来清晰捕捉实验被试的眼动特征。

首先，电脑屏幕呈现指导语，主试简单解说实验规则，让被试按平常的习惯浏览新闻图片，浏览时间不限。一组图片浏览后进入认知测试界面，被试判断页面呈现题目的“正误”并做出按键反应，回答结束自动进入下一题。判断题目结束后进入题目的满意度测试界面，同样进行按键反应，然后浏览第二张图片。具体实验流程见图5。实验完成之后，就信息图表内容和满意度等方面对被试进行质性访谈。

表 3 实验材料数量表

数据类型	数据新闻主题	数据展示形式	实验材料个数
并列关系	主题 1	风铃式、便签式、文本式	3
	主题 2		3
	主题 3		3
总分关系	主题 1	摇铃式、孔雀式、乌龟式	3
	主题 2		3
	主题 3		3
定比关系	主题 1	柱状图、折线图、饼图	3
	主题 2		3
	主题 3		3
定距关系	主题 1	柱状图、折线图、饼图	3
	主题 2		3
	主题 3		3
合计		–	36

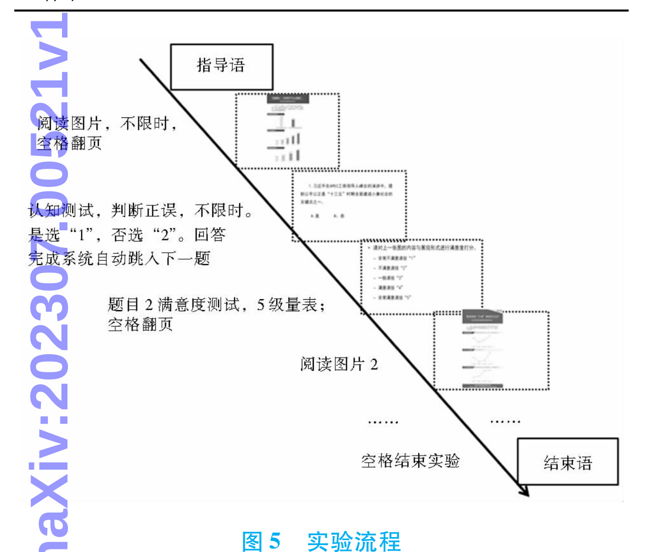


图 5 实验流程

随机抽取中国地质大学的被试进行预实验，预实验表明实验程序运行良好，可运用于正式实验。实验结束后，将 TobiiX – 60 中的眼动结果导出为 TXT 格式，再导入 Microsoft Office Excel 2010 归类整理，形成适合 SPSS 处理的格式，再导入 SPSS 21.0 数据统计软件包。将实验过程中被试由于头架移动、眼睛聚焦或其他生理原因导致的无效数据剔除，再进行数据分析。

3 实验结果与分析

3.1 数据新闻信息图表的眼动研究结果

3.1.1 对测试图片眼动热图的分析

（1）数据新闻的阅读存在“Z”字型视觉轨迹。从热图的整体分布上看，依然遵循了从上到下、从左至右的浏览顺序，在版面上表现出“Z”字型的走向。版面的中上部是主视觉区，而右下角的视觉落点次数最小，存在视觉盲区（见图 6 – 图 9）。

（2）数据新闻的导语段是浏览的重点区域。热图显示大部分实验中，被试对导语段落的注视时长相对较长。从注视顺序看，读者在快速扫描标题之后一般都直接进入导语段（见图 6 – 图 9）。

（3）分栏标题获得高关注度。对新华网数据新闻频道的内容分析显示，平均每条数据新闻包含 4 – 5 栏图片。通常每一栏由分栏标题区隔开，并说明每栏图片的主题。在实验中，被试不一定能完整地阅读图片的每一个信息点，但不论分栏标题是左对齐还是居中，都会获得被试的注意。这也说明了分栏标题具有吸引关注的特征（见图 6 – 图 9）。

3.1.2 信息图表的平均注视次数和持续注视时间结果 对 4 类信息图表分别做单因素方差分析，结果如表 4 所示：

表 4 不同数据新闻类型眼动指标的单因素方差分析（N = 60）

数据新闻类型	平均注视次数		持续注视时间	
	F	p	F	p
并列关系	2.742	0.100	1.652	0.200
总分关系	1.867	0.174	0.254	0.615
定比关系	4.789	0.030 *	1.702	0.194
定距关系	2.814	0.095	16.772	0.000 ***

注：* 表示 $p < 0.05$，** 表示 $p < 0.01$，*** 表示 $p < 0.001$

实验显示，并列关系类（风铃式、便签式、文本式）和总分关系类（摇铃式、孔雀式、乌龟式）信息图表之间在平均注视次数和持续注视时间上均不存在显著差异。定比关系（柱状图、饼图和折线图）3 种信息图表在平均注视次数上存在显著差异，$F = 4.789$，$p < 0.05$。但在持续注视时间上不存在显著差异，$F = 1.702$，$p = 0.194 > 0.05$。事后多重检验结果表明柱状图和折线图的注视次数差异显著，即柱状图的注视次数多于折线图（$p < 0.05$）（见图 10）。

定距关系的单因素方差分析结果显示，柱状图、折线图和饼图的平均注视次数差异不显著，$F = 2.814$，$p = 0.095 > 0.05$，在持续注视时间上，三者之间差异极其显著，$F = 16.772$，$p < 0.001$。事后多重检验结果发现：柱状图的持续注视时间大于折线图；饼图大于柱状图；饼图大于折线图（见图 11）。

3.2 信息图表的主观满意度结果

为了进一步考察被试对数据新闻信息图表数据展示的主观满意度，对各类数据新闻的不同展现方式进行了单因素的方差分析（见表 5）。结果发现，除并列关系类型外，其他 3 种类型的满意度均有显著差异。

方浩，尚媛媛，张锐，等. 数据新闻中信息图表的阅读效果：来自眼动的证据[J]. 图书情报工作,2019,63(8):74－86.

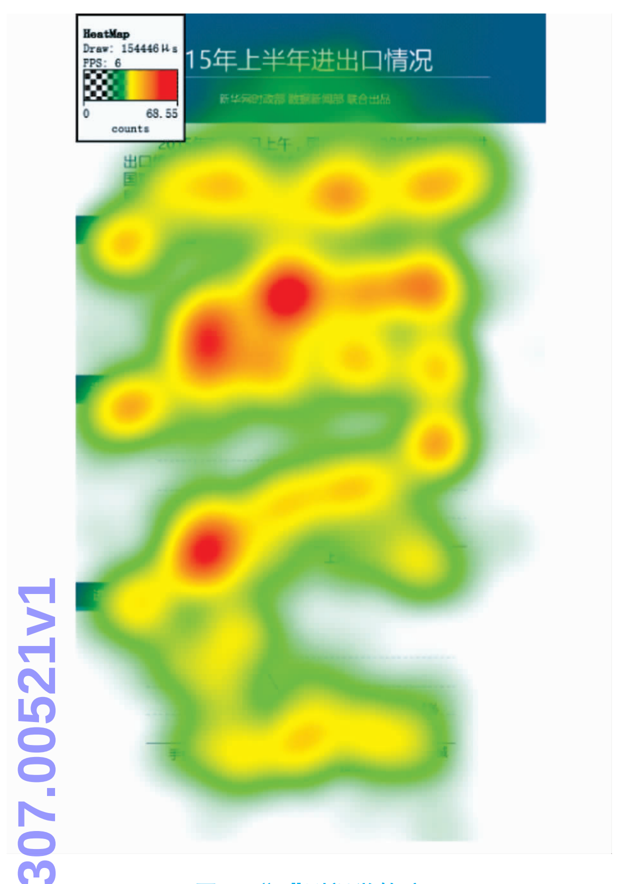


图 6 “Z”型视觉轨迹

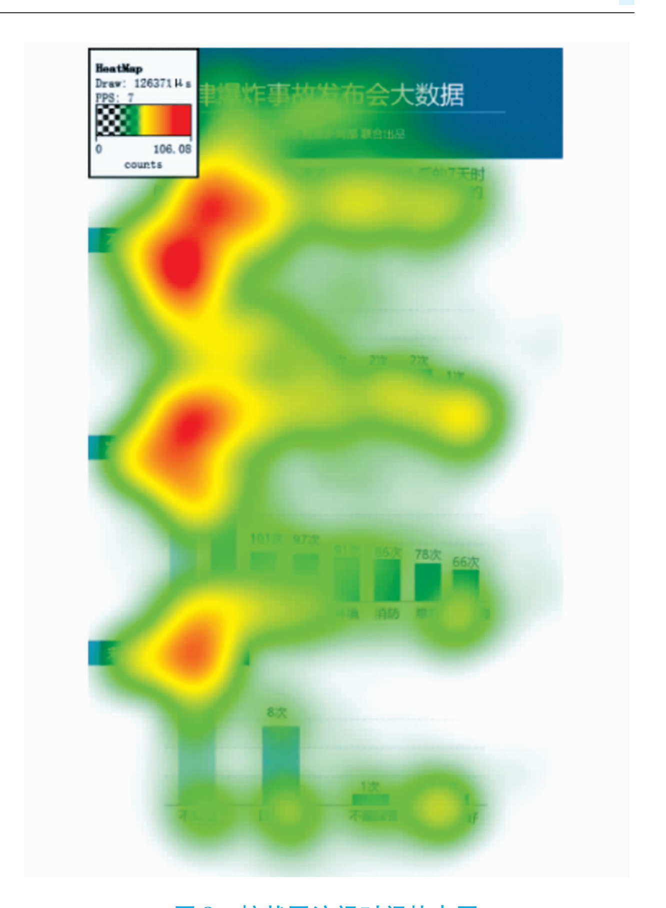


图 8 柱状图注视时间热点图



图 7 摇铃式注视时间热点图

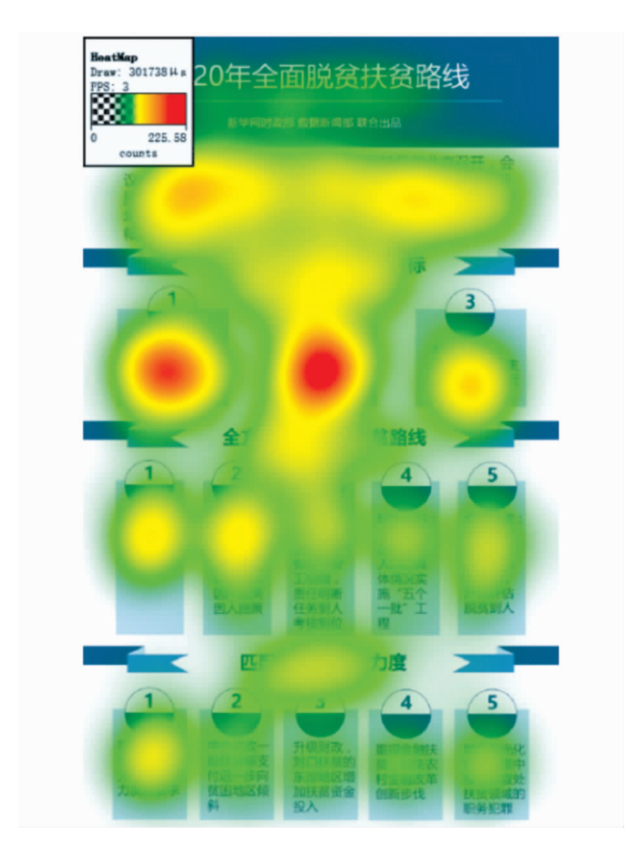


图 9 便签式注视时间热点图

表 5 不同新闻类型主观满意度的方差分析(N=60)

新闻类型	主观满意度	
	F	p
并列关系	0.209	0.812
总分关系	4.925	0.008 **
定比关系	5.714	0.004 **
定距关系	23.098	0.000 ***

注:* 表示 $p<0.05$,**表示 $p<0.01$,***表示 $p<0.001$

总分关系类型中,摇铃式的主观满意度显著高于孔雀式($p<0.01$);乌龟式的主观满意度显著高于孔雀式($p<0.05$)。

定比和定距关系中,柱状图、折线图和饼图三者之间的主观满意度差异均很显著,$F=5.714$,$p<0.05$,$F=23.098$,$p<0.001$。事后多重检验结果显示(见图 12),定比关系中,柱状图的主观满意度显著高于折线图($p<0.05$);饼图的主观满意度显著高于折线图($p<0.05$)。在定距关系中,柱状图的主观满意度显著高于饼图($p<0.001$);柱状图显著高于折线图($p<0.05$);折线图显著高于饼图($p<0.05$)。

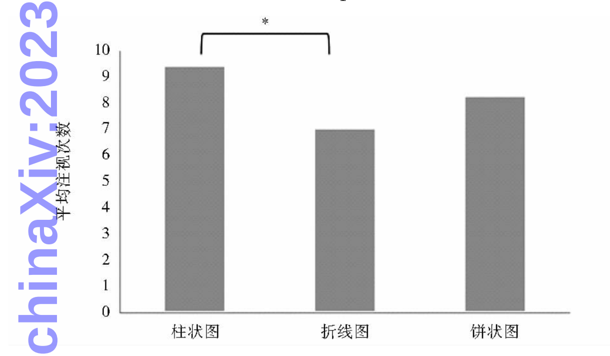


图 10 定比关系的平均注视次数事后检验结果

注:* 表示 $p<0.05$

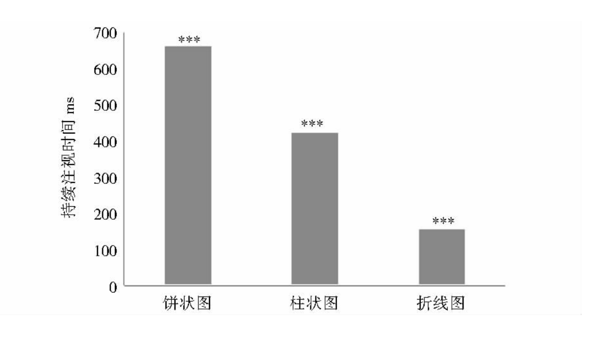


图 11 定距关系的持续注视时间事后检验结果

注:***表示 $p<0.001$

3.3 信息图表的认知测试结果

3.3.1 反应时结果 以反应时为因变量,对 4 种不同类型的数据新闻信息图表做单因素方差分析发现:4 种类型数据新闻不同的数据展示之间的反应时均存在显著差异(见表 6)。经事后多重比较检验发现,并列关系中,被试对文本式的反应时大于便签式和风铃式($p<0.05$);总分关系中,对孔雀式的反应时显著大于摇铃式($p<0.001$),乌龟式的反应时也显著大于摇铃式($p<0.05$);定比关系中,对柱状图的反应时显著大于折线图($p<0.05$);在定距关系中,饼图的反应时显著大于折线图($p<0.05$)。

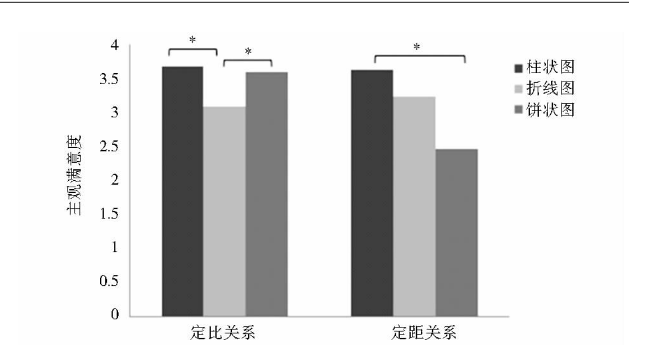


图 12 定比和定距关系在主观满意度的事后检验结果

注:* 表示 $p<0.05$

表 6 不同新闻类型的反应时方差分析(N=60)

新闻类型	反应时	
	F	p
并列关系	4.687	0.032 *
总分关系	9.591	0.002 **
定比关系	3.267	0.040 *
定距关系	3.023	0.029 *

注:* 表示 $p<0.05$,**表示 $p<0.01$,***表示 $p<0.001$

3.3.2 正确率结果 4 种类型的数据新闻信息图表正确率的卡方检验结果发现(见表 7):4 种新闻数据类型下信息图标类型的正确率均无显著差异。从表 7 中可看出,并列关系中,便签式正确率(87.8%)最高,文本式正确率(68.9%)最低;总分关系中,摇铃式正确率(77.2%)最高,孔雀式正确率(66.7%)最低;在定比信息图表中,折线图的正确率(89.4%)最高,柱状图正确率(79.4%)最低;定距关系中,折线图正确率(93.3%)仍然是最高的,饼状图正确率(88.9%)最低。

综上所述:

并列关系数据新闻数据展示中,平均注视次数、持续注视时间、主观满意度均不存在显著差异;被试对文本式的反应时大于便签式和风铃式。风铃式正确率最高,文本式正确率最低,同时花费时间最长。

表 7 不同新闻信息图表的正确率(N＝60)

新闻类型	信息图表类型	正确率(%)	χ^2
并列关系	风铃式	77.2	2.268
	便签式	87.8	
	文本式	68.9	
总分关系	摇铃式	77.2	0.093
	孔雀式	66.7	
	乌龟式	67.8	
定比关系	柱状图	79.4	0.114
	饼图	87.2	
	折线图	89.4	
定距关系	柱状图	89.4	0.355
	饼图	88.9	
	折线图	93.3	

总分关系数据新闻数据展示中，平均注视次数与持续注视时间均无差异；主观满意度差异很显著，摇铃式和乌龟式均高于孔雀式。被试对孔雀式和乌龟式的反应时均显著大于摇铃式。孔雀式花费时间最长，正确率最低；摇铃式花费时间最短，正确率最高。

定比关系数据新闻数据展示中，持续注视时间上不存在显著差异，而柱状图和折线图的注视次数差异显著，即柱状图的注视次数多于折线图。主观满意度差异均很显著，柱状图和饼图的主观满意度显著高于折线图。折线图的正确率最高，柱状图正确率最低，同时反应时也较长。

在定距关系数据新闻数据展示中，平均注视次数差异不显著，持续注视时间上，三者之间差异极其显著，饼图＞柱状图＞折线图；主观满意度差异均很显著，柱状图＞折线图＞饼图。饼图的反应时显著大于折线图，3 种类型之间的正确率差异不显著，相比之下折线图正确率最高，饼状图正确率最低。

4 讨论

4.1 “自上而下加工”的认知过程与数据新闻中导语的价值重估

实验发现，数据新闻的阅读轨迹基本上遵循了中文阅读的常见顺序，即由上至下、自左向右，版面右下角存在较为显著的视觉盲区。这个阅读规律与中国人民大学传播心理实验室对读者在阅读报纸版面时的视觉研究结论相似，因此数据新闻的图示结构设计依然要尊重中文阅读情境下的视线流动规律，尤其在设计时间轴等带有流向性的图示时，应注意尊重受众的阅读习惯，合理规划版面布局，提高阅读的舒适感。

其次，实验图片的导语部分都获得了被试的重点关注，具有鲜明的视觉引导性，这可能源自两方面的原因：

(1)高密度的小字号段落吸引被试投入更多的认知资源。“眼动 3”(Eye-track III)的研究曾指出大字号的内容更多被读者扫描而不是阅读，小字号更能带来读者的专注阅读。由于文字数量较多、字体小，构成了信息密度较大的版块，容易吸引被试的注意。同时读者必须更专注，投入更多的认知资源，才能看清小字号的内容，因此平均注视时间较长，形成了热图的重点区域。

(2)受到新闻阅读经验的影响，受众习惯从导语中了解事件的梗概，以快速形成对新闻内容的基本认知。因而在阅读数据新闻的过程中，被试也调用了“自上而下加工”的认知过程，有意识地寻找导语段落以尽快了解信息图表的主题和语境。

实验中大部分被试在阅读数据新闻的时候，首先被新闻标题吸引，然后带着目的和疑问继续寻找更多的信息。虽然可视化图表是数据新闻的主体，甚至可能首先吸引读者的视线，但由于导语通常较为详细地介绍了数据新闻的主题和背景，被试在阅读任务的压力下，可能希望从导语中获取解读数据的框架和新闻事件的细节，因此导语段仍然是内容阅读的起点。这也证明了被试阅读数据新闻的视觉过程是有任务驱动的，普遍存在“自上而下”(top-down processes)的知觉加工过程，即凭借阅读新闻的常规知识经验，对导语段落形成了期望或者假设，这种期望或假设制约着加工的所有阶段和水平，并以此调整信息的选择和整合，引导对细节的注意。阿恩海姆(R. Arnheim)在《视觉思考》(*Visual Thinking*)也中提到认知是有思想内涵的：读者的视觉认知总是让视线处于寻找焦点的状态、读者会调用以往的认知经验作用于视觉过程、读者看东西的时候通常是带着目的的[29]。

这一发现揭示了数据新闻中导语的价值与重要性，提醒数据新闻的创作者在注重信息可视化的设计同时，也不要忽视导语的内容和写作。尽管数据新闻擅长以图片叙事，但是导语是读者阅读的重点，也成为引导阅读的重要环节；创作者应当更充分地在导语中凝练全文的核心思想和重要信息，为读者后续的识图解码打好基础。

4.2 信息图表的视觉效用与设计策略

孙复川等的实验曾表明，眼动不是一个单向的自下而上的加工，而已经包含了自上而下的加工过程[30]。对于简单的几何图形，视觉系统主要选择其几

何特征的关键部分进行检测,注视停顿主要是集中在图形中几何特征特殊之处,即在图像的轮廓、拐角等部位;对于复杂图像刺激,眼动注视点的位置取决于被试者的已有知识背景及特点[31]。本文的实验显示,被试阅读整篇数据新闻时,由于图像较为复杂,被试首先调用了此前阅读新闻的认知经验,将眼动注视点集中于导语、分栏标题等内容信息的关键部位。这也证明了阅读注意在整个阅读心理过程中从始至终都起着组织和维持的作用,是进行阅读认知过程和调控过程必不可少的心理因素[32]。

具体到单幅的信息图表,表现为:

文本型数据新闻的实验显示,图示结构差异带来的影响较小。文本型主要为图解新闻,无论以何种方式布局,信息都是以文字材料的形式呈现,改变的只是文字材料出现的位置。总体上看,读者的注意力主要集中在解析文字的内容方面。主观满意度调查显示摇铃式的认知效果优于孔雀式和乌龟式,可能是因为摇铃式的文字更简洁,配色更清晰,而且标注的序号具有一定的视线引导作用。

定比关系数值型数据新闻的实验结果显示,3 种图示的注视持续时间是相似的,说明读者提取信息的难易程度是相似的。注视次数方面由高至低分别为:柱状图、饼图、折线图。注视次数表现了被试对图示的关注程度,注视次数高表示图表更容易被注意到或是更吸引被试的兴趣。柱状图表现出注视次数上的优势,表明被试可能对柱状图进行了更为深入的信息加工,这与主观满意度的测量结果相一致。柱状图的认知效果并不是最优的,但主观满意度最高。多位被试在访谈中提到他们更青睐柱状图。柱状图覆盖面积大,更容易吸引注意,同时条状的图形高低错落,富有动感,有被试表示"一眼望去马上就可以分辨出其中最高和最低的数值"。这一现象与 *Bars and lines: a study of graphic communication* 一文中指出的人们习惯"使用条形图来描述数据之间的比较,绘制线条图来描述趋势"的信息处理方式相一致。有趣的是尽管被试更青睐柱状图,可是其正确率和反应时的指标却不如折线图。这说明柱状图容易激活读者的视觉刺激,引发信息的加工、理解和搜索。但由于柱状图中的数据相对独立、没有连续性,因此读者需要在不同数据之间进行扫视以完成自主的比较和判断。折线图则使用线条展示出数据之间的变化趋势,读者的扫视具有连续性,降低了认知负荷。这恰好说明了人们的审美旨趣和信息传播的可用性之间并不是完全一致的。

定距关系的测量显示,平均注视次数差异不显著,说明 3 种图示在吸引读者注意方面差异不大。但在持续注视时间上,三者差异极其显著。这说明在提取信息的难易程度方面差异较大。饼图的持续注视时间显著大于柱状图和折线图,是最难提取信息的图示。相对而言,折线图是最容易提取信息的图示,柱状图居中。图表设计师霍姆斯(N. Holmes)曾提出折线图用于展示趋势,柱状图用于展示比较,饼状图用于展示比例[33]。但塔夫特(E. Tufte)却表示饼状图在明确表达对比关系方面效果较差[34]。本研究的实验结果印证了爱德华的论断。

心理实验曾证明在判断物体整体特征时,无意识知觉具有形状优势效应,"无意识或自动化程度越高的加工所消耗的认知资源越少"[35]。柱状图、折线图的几何特征比饼图更显著,因此获得了更多的注视和更好的认知效果。饼图中每一个比值都是独立的,需要通过面积大小进行对比;被试在看饼图的时候可能需要花更多的精力去对应数值、对比数量关系,认知的工作量较大,因此花费的时间最长,消耗的认知资源最多,主观满意度也最低。

综合实验数据和访谈,本研究认为:文本型的数据新闻侧重于简化繁琐的文字信息,因此以整洁、有序的版面突出要点信息,帮助读者保持阅读的连贯性和舒适度是设计的关键。数值型数据新闻中,柱状图更易于吸引读者的视觉注意,侧重于创造整体性的印象,让读者更主动地进入信息加工的过程。折线图由于较为简洁,吸引视觉注意的能力稍弱,但它能清晰地凸显具体的数值,侧重于展示细节。实验中被试反应时最短,同时正确率也较高。这说明尽管被试认为"折线图应该只用于展示趋势""视觉冲击力不如柱状图",但被试可以用较少的时间读懂数据并有更好的记忆效果。为了丰富视觉元素,可以适当利用箭头等符号增加折线图的信息量。尽管饼图可以用来展示比例,但由于读者对饼图的认知加工消耗的认知资源最多且存在一定的识别困难,因此当比例差距不悬殊时应当谨慎使用。

5 研究局限与展望

本文只是针对数据新闻信息图表视觉元素的外在层次展开了研究,在眼动和行为实验方面存在一些局限。选取的被试样本范围较小,一定程度上影响了结论的可推广性;由于数据新闻的设计和主题较为复杂,尽管对数据新闻信息的背景进行了控制,但仍然无法

排除图片材料选取的主观性。本研究是针对阅读效果在实验室内展开的考察,因此当认知环境发生变化的时候,受到不同的修辞情境的影响,数据新闻的阅读效果受到包括主题、色彩、结构、形状等多方面因素的影响,是一个更为复杂的认知过程。实际的设计策略应当根据修辞情境综合运用多元的视觉元素和测量手段,以实现更好的阅读效果,这也是下一步研究需要考虑的方向。

参考文献:

[1] 黄雅兰,仇筠茜.信息告知还是视觉吸引?——对中外四个数据新闻栏目可视化现状的比较研究[J].新闻大学,2018(1):1－8,34,147.

[2] 李思屈.认知神经科学与新闻传播研究新范式[J].新闻与写作,2016(8):34－37.

[3] 张淑芳.财经新闻数据处理技巧探微[J].新闻窗,2010(6):54－55.

[4] 张帆,吴俊.2011－2015:大数据背景下英美数据新闻研究述评[J].国际新闻界,2016(1):62－75.

[5] 彭兰."大数据":时代新闻业面临的新震荡[J].编辑之友,2013(1):6－10.

[6] 方洁,高璐.数据新闻:一个亟待确立专业规范的领域——基于国内五个数据新闻栏目的定量研究[J].国际新闻界,2015(12):105－124.

[7] 肖明.信息计量学[M].北京:中国铁道出版社,2014:78.

[8] 科斯特尼克,罗伯茨.视觉语言设计[M].周勇,译.北京:中国人民大学出版社,2005.

[9] 范旭.美国报纸的信息图表带来的启示[J].新闻导刊,2005(4):46－47.

[10] 许向东.信息图表在我国报纸新闻传播中的应用研究——以1999－2008年神舟飞船报道为例[J].国际新闻界,2009(2):65－68.

[11] 卢一波,邓伟,彭兰.信息图表生产中的数据"众包"[J].新闻界,2013(14):30－34.

[12] 颜清华,徐鹏飞.信息图表在复杂政治新闻报道中的应用[J].新闻界,2013(2):38－42.

[13] 卢一波,邓伟.信息图表:社会化媒体信息的过滤器与分析器[J].新闻界,2013(6):48－52.

[14] 张君.论新闻信息图表设计[J].海南师范大学学报(社会科学版),2012,25(1):152－155.

[15] 黄隽.探析数据新闻信息图表设计的表现方法——形式直达内容[J].美与时代(中),2014(10):87－90.

[16] 黄雅堃.基于可视化设计的信息图表在报刊编辑中的应用[J].中国出版,2015(1):45－48.

[17] 高微.数据新闻图表版式设计方略[J].新闻传播,2017(5):51－53,55.

[18] JUST M A, CARPENTER P A. A theory of reading: from eye fixations to comprehension[J]. Psychological review, 1980, 87(4): 329－354.

[19] O'REGAN J K. Saccade size control in reading : evidence for linguistic control hypothesis [J]. Perception and psychophysics, 1979,25(6): 501－509.

[20] McCONKIE G W, RAYNER K. The span of the effective stimulus during a fixation in reading[J]. Perception & psychophysics, 1975,17(6):578－586.

[21] SHEN E. An analysis of eye movements in the reading of Chinese [J]. Journal of experimental psychology,1927,10(2):158－183.

[22] 王秀红,袁银池.阅读行为眼动研究知识图谱分析[J].图书情报研究,2016,9(2):77－86.

[23] 闫国利,巫金根,胡晏雯,等.当前阅读的眼动研究范式述评[J].心理科学进展,2010(12):1966－1976.

[24] 喻国明.瞬间效果:传播效果研究的新课题——基于认知神经科学的范式创新[J].现代传播,2011(3):28－35.

[25] 彭兰,眼动研究方法在新闻传播领域中的应用[J].国际新闻界,2010(2):97－104.

[26] 许向东.数据可视化传播效果的眼动实验研究[J].国际新闻界,2018(4):162－175.

[27] 梁东,张雷洪.眼动技术在数字媒体中的应用[J].出版与印刷,2014(4):9－11.

[28] 邓铸.眼动心理学的理论、技术及应用研究[J].南京师范大学学报(社科版),2005(1):90－95.

[29] ARNHIM R.视觉思维[M].滕守尧,译.成都:四川人民出版社,1998:33.

[30] 孙复川,赵信珍,顾凡及.视觉图像辨认眼动中的TOP－DOWN信息处理[J].生物物理学报,1994(3):431－438.

[31] 唐孝威.统一框架下的心理学与认知理论[M].上海:上海人民出版社,2007:177.

[32] 黄葵.论阅读心理过程及各种心理因素[J].图书与情报,1998(1):48－50.

[33] HOLMES N. About charts and graphs[EB/OL].[2018－12－28]. http://www.nigelholmes.com/media/articles.htm.

[34] BOLTEN R.让你的数字会说话——以最有效的数字呈现技巧征服你的观众[M].潘小果,刘晓龙,章笛,等译.北京:机械工业出版社,2014:141.

[35] 柯学,白学军,隋南.视知觉无意识加工中的形状优势效应[J].心理科学,2004(2):321－324.

作者贡献说明:

方浩:确定论文选题,撰写论文;
尚媛媛:进行论文构思,撰写论文;
张锐:进行数据分析与论文修改;
庞惠珊:进行数据分析与论文修改;
袁医灵:进行实验与数据搜集。

Research on Reading Effect of the Information Chart in the Data News: Evidence from the Eye Movement

Fang Hao[1,2] Shang Yuanyuan[1] Zhang Rui[3] Pang Huishan[4] Yuan Yiling[1]
[1] College of Arts and communication, China University of Geosciences, Wuhan 430074
[2] School of Art, Southeast University, Nanjing 210096
[3] School of Management, Beijing Film Academy, Beijing 100088
[4] School of Education Science, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000

Abstract: [**Purpose/significance**] Using the data news as the reading situation, the information chart as the experimental material, the eye movement and behavior experiment and the qualitative interview method was used to study the reader's reading effect on the information chart, explore the reader's cognitive and visual reaction, and provide the reference for the design strategy optimization of the data news. [**Method/process**] The experiment consists of two phases. The first phase was an eye movement experiment, which examined the subjects' average fixation times, fixation duration and subjective satisfaction with news and information charts of different types of data. The second phase is the behavior experiment of the reading effect of the information chart. The influence of the different data display forms on the reading effect in the information chart is discussed, and the response time and the correct rate are the variables. [**Result/conclusion**] When people read data news their visual track show "Z" type ;the lead paragraph is the key areas for browsing; column titles to obtain a high degree of concern that we should reevaluate the value of lead paragraph in data news. Research has also confirmed that the histogram is better at attracting the reader's visual attention, focused on creating a holistic impression, make it easier for the reader to the process involved in information processing; line chart to attract visual attention is weak, but it is good at showing details and has the best audience's memory effect; and the cognitive processing of pie charts consumes the most cognitive resources, should be used with caution.

Keywords: infographic visualization reading effects eye movement study behavioral experiments